

# Investigação em Educação em Engenharia: um campo emergente

Natascha van Hattum-Janssen, Universidade de Minho

Bill Williams, Instituto Politecnico de Setubal e CEG-IST Lisboa

José Manuel Oliveira, Universidade de Aveiro

<http://hdl.handle.net/10773/9164>

## Resumo

Num mundo cada vez mais globalizado e em que o rápido desenvolvimento científico e tecnológico ocupa um papel central no desenvolvimento das sociedades, torna-se cada vez mais relevante discutir o perfil desejável dos profissionais de engenharia capazes de dar resposta a estes desafios e, consequentemente, discutir os processos de formação desses futuros engenheiros. No contexto internacional, estas necessidades têm vindo a fazer emergir a Investigação em Ensino de Engenharia (IEE) como um campo de investigação autónomo. Norteando-se pelos critérios de identidade para um campo de investigação de Fensham (2004), e usados também por Borrego (2007), como princípios orientadores de análise, este artigo pretende discutir a identidade do campo de IEE, caraterizar o seu estado atual no contexto internacional e no contexto Português e posicioná-lo relativamente às Ciências de Educação. Os autores visam igualmente identificar os desafios emergentes no crescimento e amadurecimento deste campo de investigação específico, para que possa granjear reconhecimento quer nas Ciências da Educação, quer nas Engenharias, no contexto Português.

**Palavras-chave:** investigação em educação em engenharia; definição de campo de investigação; identidade de campo de investigação.

## Abstract

In an increasingly globalized world, in which fast scientific and technological developments have a central role in society, it becomes more and more relevant to discuss the professional profile of engineers that are able to respond to these challenges and, consequently, discuss the education of these future engineers. In an international

context, this led to the emergence of Research in Engineering Education (REE) as an autonomous field of research. Oriented by Fensham's (2004) criteria of identity of a research field- structural criteria, intra-research criteria and results criteria - which are also used by Borrego (2007), this article seeks to discuss the identity of REE, characterising its current state in the international and in the Portuguese context and position the field in relation to Educational Research. The authors also aim to identify emergent challenges in the development and maturation of this specific research field, in order to promote recognition, both in Educational Research and in Engineering, within the Portuguese context. The findings suggest that a gradual emergence of Engineering Education Research as a serious field of study, as has already been observed in countries like Australia, the UK and the USA, has now started to become apparent in Portugal. Indicators of structural criteria, like PhD projects in the field, the support of professional associations and the organisation of specialised conferences have been on the increase over the last five years. In terms of intra-research criteria, the evidence is less apparent, as the number of researchers is still rather limited. Nevertheless, the results to date are worthy of note, particularly considering the fact that there have been few signs of strategic planning or coordination at national level.

**Keywords:** engineering education research; definition of a research field; identity of a research field.

## **Résumé**

Dans un monde de plus en plus globalisé, dans lequel les rapides progrès scientifiques et technologiques ont un rôle central dans la société, il devient de plus en plus pertinent de discuter le profil professionnel des ingénieurs capables de répondre à ces défis et, par conséquent, de discuter l'éducation de ces futurs ingénieurs. Dans un contexte international, cette constatation a conduit à l'émergence de la Recherche en Éducation en Ingénierie (REI) comme un champ de recherche autonome. Orienté par les critères d'identité d'un domaine de recherche de Fensham (2004), et également utilisé par Borrego (2007), cet article cherche à discuter l'identité de REI, en caractérisant son état actuel au niveau international et dans le contexte portugais, et la position sur le terrain de ce champ par rapport à la Recherche en Éducation. Les auteurs visent également à identifier les défis émergents dans le développement et la maturation de ce domaine de

recherche spécifique, afin de promouvoir sa reconnaissance, à la fois dans la Recherche en Éducation et en Ingénierie, dans le contexte portugais.

## **Resumen**

En un mundo cada vez más globalizado, en el que rápidos avances científicos y tecnológicos tienen un papel central en la sociedad, es cada vez más relevante analizar el perfil profesional de los ingenieros que son capaces de responder a estos desafíos y, en consecuencia, hablar de la educación de los futuros ingenieros. En un contexto internacional esto llevó a la emergencia de la Investigación en Educación en Ingeniería (IEI), como un campo autónomo de investigación. Así, y orientada por los criterios de identidad de un campo de investigación de Fensham (2004), ), y que también es utilizado por Borrego (2007), este artículo tiene como objetivo discutir la identidad de la IEI, caracterizando su estado actual en el mercado internacional y en el contexto portugués, y posicionarlo en relación a las Ciencias de la Educación. Los autores también pretenden identificar los desafíos emergentes en el desarrollo y maduración de este campo de investigación específico, con el fin de promover el reconocimiento, tanto en la Investigación en Educación como en la Ingeniería, dentro del contexto portugués.

## **1 Introdução**

A Investigação em Educação em Engenharia (IEE), encarada enquanto área autónoma, é um campo recente. Na última década, vários autores têm chamado a atenção para o *nascimento* deste novo campo de investigação (Haghighi, 2005; Radcliffe, 2006), em especial na conceituada revista *Journal of Engineering Education* (JEE), associada à *American Society of Engineering Education* (ASEE). Estes autores discutem os vários desafios da Educação em Engenharia (EE) que incluem, com especial ênfase, a preparação atempada das sociedades para o desenvolvimento tecnológico futuro e a necessidade de formar engenheiros capazes de dar resposta a esse desenvolvimento. A reflexão sobre as competências alvo deste processo de formação assume particular relevância (National Research Council, 2005).

Nos últimos anos, a velocidade dos desenvolvimentos tecnológicos aumentou drasticamente, colocando docentes e alunos de engenharia perante o desafio de acompanharem estes desenvolvimentos adequadamente, o que exige o desenvolvimento

de competências transversais e de auto aprendizagem. Estando a tecnologia cada vez mais integrada na vida quotidiana, as responsabilidades da profissão de engenheiro assumem novas vertentes, nomeadamente quanto ao impacto social da profissão. Por outro lado, a tendência de globalização nas ciências e tecnologias impelem os futuros engenheiros a desenvolver uma perspetiva mundial, para além da perspetiva regional ou nacional. Mais uma vez, o desafio de um papel ativo nas relações económicas e políticas a nível global exigem competências para além da formação técnica estrita, a que as estruturas de formação terão de dedicar atenção. Todo este contexto exige assim uma reflexão sobre a formação de engenheiros nas Instituições de Ensino Superior (IES), que deverão assumir a responsabilidade de responder a esta mudança de paradigma, o que exige o desenvolvimento de competências que vão para além da formação tradicionalmente proporcionada aos engenheiros.

Nos EUA, a *National Academy of Engineering* colocou na sua agenda a reflexão sobre a formação da geração de engenheiros de 2020, reflexão essa que resultou num relatório (National Academy of Engineering, 2005). O documento realça as mudanças que os futuros engenheiros vão enfrentar, como a velocidade da evolução tecnológica, o contexto social caracterizado por um crescimento da população mundial a utilizar os recursos naturais existentes, pela deslocalização das áreas rurais para as áreas urbanas e por um aumento da esperança média de vida, que implica um acréscimo de pressão nos sistemas de saúde e recursos naturais.

Neste contexto, a IEE pode ser um elemento chave na melhoria contínua e inovação necessárias, segundo o relatório *Engineering for a Changing World: A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education* da University of Michigan (Duderstadt, 2008). Os autores consideram a investigação rigorosa na área de EE um dos mecanismos mais eficazes de longo prazo para as transformações necessárias na formação de engenheiros e na prática de engenharia.

O presente artigo pretende analisar a identidade do campo de IEE, caraterizar o seu estado atual no contexto Português e posicioná-lo relativamente às Ciências de Educação. Os autores visam também identificar os desafios emergentes no crescimento e amadurecimento deste campo de investigação específico, de forma a que seja

reconhecido no contexto Português, quer nas Ciências da Educação, quer nas Engenharias.

## **2 A Investigação em Educação em Engenharia**

Ao analisar a IEE como campo emergente, discutindo a questão da sua legitimidade, os critérios de identidade para um campo de investigação de Fensham (2004) podem ser reconhecidos como orientadores dessa análise. Este autor refere três tipos de critérios, também usados por Borrego (2007), para analisar o campo de Educação em Ciência e que visam caracterizar um campo de investigação reconhecido e válido: critérios estruturais, critérios intra-investigação e critérios de resultado. Os critérios estruturais dizem respeito ao reconhecimento académico, revistas de investigação, associações profissionais, conferências específicas, centros de investigação e formação pós-graduada. Os critérios intra-investigação dizem respeito à substância e metodologia do campo, constituindo o seu núcleo essencial. A este respeito, Fensham (2004) identifica como subcritérios o conhecimento científico, as questões de investigação, o desenvolvimento teórico e conceptual, as metodologias de investigação, o progresso e as publicações modelo e seminais. O último tipo de critério centra-se nas implicações para a prática. Nas próximas secções, os três tipos de critérios serão debatidos no contexto da IEE, dedicando particular atenção ao contexto português.

Quanto ao reconhecimento académico, a análise centrou-se na existência de professores catedráticos e departamentos ou centros de investigação em IEE. As revistas científicas foram pesquisadas nas bases de dados *ISI Web of Knowledge* e *SCOPUS*, utilizando “*engineeringeducation*” como chave. O critério estrutural relativo à existência de associações profissionais e à organização de conferências foi analisado através da pesquisa de conferências anuais na área de EE, promovidas por associações e redes de educação em engenharia. Os critérios de intra-investigação foram analisados a partir de publicações cujo objetivo é a definição da IEE como área com uma identidade própria e cujos autores não estudam fenómenos específicos na EE, mas pretendem definir o foco e as fronteiras da IEE.

### **2.1 Critérios estruturais**

Os critérios estruturais são condicionantes para a afirmação de um campo de investigação. A existência de professores catedráticos na área, de centros de investigação dedicados ao campo, e de revistas científicas conceituadas, são todos critérios que estruturam um campo de investigação. Na área de EE reconhece-se a presença destes critérios nos EUA e na Austrália desde há mais de 20 anos. Há diferentes universidades nos EUA com um departamento de EE, como por exemplo a *VirginiaTech*, a *PurdueUniversity* ou a *UniversityofCincinnati*. Existem igualmente centros de investigação dedicados ao campo, como por exemplo na Universidade de Washington (CELT), na Universidade de Linköping (Suécia), ou na Universidade de Swinburne (Austrália). Várias destas universidades oferecem programas de mestrado e doutoramento em EE, em geral (mas não só) direcionados a professores de engenharia que, no caso dos mestrados, pretendem especializar-se na área de ensino e aprendizagem no contexto da engenharia. Os programas de doutoramento podem servir o mesmo objetivo, mas também preparam para uma carreira de IEE. Ao nível institucional também têm surgido centros de apoio ao ensino e aprendizagem dedicados exclusivamente à EE, como por exemplo o *Center for Engineering Education* da *Colorado School of Mines*, o *Engineering Centre for Excellence in Teaching and Learning* da *Loughborough University*, ou o *Focus Centre for Expertise in Education* da *Technical University of Delft*. Estes centros organizam ações de formação centradas nas problemáticas específicas dos cursos de engenharia, com formatos de curta duração, dedicadas a temas específicos, ou formatos prolongados, que tratam de aspetos da prática docente e da implementação de inovações nesta prática: desenvolvimento curricular para cursos de engenharia, aprendizagem centrada no aluno e uso de novas tecnologias multimédia são exemplos de temas recorrentes nestas ações. Há também programas de um ou dois semestres, que permitem a transferência de resultados de investigação para a prática diária dos docentes.

Estes centros apoiam ainda iniciativas de *Scholarship of Teaching and Learning*, como é o caso do centro da *University of Western Australia*, onde funciona um programa que incentiva a investigação da prática pedagógica dos docentes de engenharia ([http://www.ecm.uwa.edu.au/staff/learning/what\\_is\\_fase](http://www.ecm.uwa.edu.au/staff/learning/what_is_fase)).

Ainda no contexto internacional, é incontornável referir a constituição recente de redes especificamente dedicadas à IEE. É o caso da *Research in Engineering Education*

*Network* (REEN), de âmbito mundial, do *SEFI Working Group on Research in Engineering Education* (SEFI-WGREE), cujo objetivo é impulsionar o desenvolvimento da IEE na Europa, da *Nordic Network for Research in Engineering Education*, que congrega esforços de países bálticos, ou do *British Special Interest Group on Research in Engineering Education* (BSIGREE), no Reino Unido. A organização de simpósios e conferências dedicadas à IEE aparece algumas vezes associada a estas redes, como é o caso da REEN, que organiza bienalmente o *Research in Engineering Education Symposium*, ou do SEFI-WGREE, que desde 2009 é responsável por uma linha de sessões no âmbito da *SEFI Annual Conference*, dedicada à IEE, e cuja adesão tem vindo a aumentar a cada ano.

Outro aspeto de especial importância diz respeito à existência de publicações especializadas para a divulgação dos resultados de investigação. Neste domínio, identifica-se um leque de revistas especializadas, como o *Journal of Engineering Education* (JEE), o *European Journal of Engineering Education* (EJEE), o *International Journal of Engineering Education* (IJEE), o *Global Journal of Engineering Education* (GJEE), o *Australasian Journal of Engineering Education*, o *Advances in Engineering Education*, o *IEEE Transactions on Engineering Education* (IEEE TED), o *International Journal of Engineering Pedagogy* e o *Engineering Education Journal*. Há ainda várias revistas dedicadas a áreas específicas, como o *Journal of Professional Issues in Engineering Education* (JPIEE), para a engenharia civil, o *International Journal of Mechanical Engineering Education*, para a engenharia mecânica, ou o *International Journal of Electrical Engineering Education*, dedicado à engenharia electrónica e eletrotécnica. A maior parte destas revistas são indexadas em bases de dados internacionais, sendo o *Journal of Engineering Education* o mais visível, com uma indexação no *ISI Web of Knowledge Journal Citation Reports* das ciências e das ciências sociais com um fator de impacto a 5 anos de 3,235, aquando da escrita deste artigo. Muitas das publicações são revistas associadas a organizações profissionais, como é o caso do JEE, que está associada à ASEE, ou o *EJEE*, que está associado à *Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs* (SEFI).

Apesar de a IEE se ter vindo a constituir, desde há mais de 20 anos, como uma área de investigação prioritária nas EUA e na Austrália, registando-se também iniciativas para o seu desenvolvimento autónomo na Europa, apenas agora a sua importância começa a ser

reconhecida. No contexto nacional foram financiados pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) um total de apenas 3 projetos de IEE na última década, dados gentilmente fornecidos pela FCT, enquanto nos EUA, mesmo considerando a diferença de dimensão e recursos, o número foi de 1375, com um financiamento médio superior a mais do dobro (Borrego e Olds 2011).

Em Portugal, as condições estruturais só recentemente têm vindo a ganhar expressão. Em 2009 foi criada a Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia, que tem como objetivo estatutário a “promoção da educação em engenharia através da formação de professores, da difusão de projetos, do intercâmbio e cooperação entre pessoas e instituições e da análise e resolução de problemas, no âmbito da educação em engenharia”. Em 2011, foi criada a Associação PAEE – Projetos para a Aprendizagem e Ensino em Engenharia, que tem por fim investigar, aplicar e promover metodologias de aprendizagem baseada em projetos/problemas (ABP) em engenharia, bem como outras formas de aprendizagem ativa. De referir ainda o *IEEE Education Society – Portugal Section Chapter*, criado em 2005, dedicado à educação em engenharia Eletrotécnica e Eletrónica (<http://ewh.ieee.org/r8/portugal/education/>).

Em termos de formação pós-graduada, ainda não há em Portugal cursos de mestrado ou doutoramento específicos da área. Identificam-se, no entanto, vários trabalhos de doutoramento registados em áreas correlacionadas que têm como objecto de estudo temas de EE, um percurso aliás idêntico ao verificado nos primórdios do desenvolvimento do campo de investigação nos EUA e na Austrália. A título de exemplo, na Universidade do Minho foram já concluídos dois doutoramentos em Educação centrados na EE (Fernandes, 2011; van Hattum-Janssen, 2004) e estão em curso mais doutoramentos nesta e noutras universidades, que já deram origem a publicações (Oliveira & Estima de Oliveira, 2010; Williams & Figueiredo, 2011).

Quanto a eventos organizados em Portugal ou por IES Portuguesas, podemos referir as edições do Simpósio Internacional PAEE (*Project Approaches in Engineering Education*) organizado pela Universidade do Minho em cooperação com a SEFI e a ASIBEI (*Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería*), que ocorreram em Guimarães (2009), Barcelona (2010), Lisboa (2011) e São Paulo (2012). A ICEE 2007 (*International Conference on Engineering Education*) decorreu em



Coimbra, e deve destacar-se também a *First World Engineering Education Flash Week* (Lisboa, 2011), que consistiu numa congregação de eventos na área da EE. É ainda de referir a organização por membros da comunidade portuguesa do *Engineering Practice Roundtable*, associado ao REES 2011.

Ainda acerca dos critérios estruturais no contexto português, têm-se realizado atividades de disseminação dedicadas a diversos temas de EE, objecto de estudo da IEE. Podem referir-se como exemplos as oficinas lideradas por convidados de renome internacional, como Richard Felder, Susan Zvacek, ou John Cowan, e ainda eventos liderados por especialistas de universidades com tradição e experiência em temas específicos de EE, como a Universidade de Aalborg, reconhecida pela sua experiência em ABP, ou a Universidade de Loughborough, com ampla experiência no desenvolvimento de projetos de alunos com a indústria. Ao mesmo tempo, os membros da comunidade Portuguesa de EE têm vindo a ser solicitados como oradores ou líderes de oficinas, em Portugal e no estrangeiro, divulgando a sua experiência em IEE. Como exemplo, podem referir-se colaborações com a *University of Western Australia*, a *University of Technology of Sydney*, a *Universidad Politécnica de Madrid*, a *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*, as universidades de *Cornell*, *Purdue* e *Virginia Tech* dos EUA, bem como Brasília, São Paulo, Juiz de Fora e Caxias do Sul (Brasil), e ainda a *Aalto University* (Helsínquia), a *Aston University (UK)*, ou o *Dublin Institute of Technology*.

## **2.2 Critérios intra-investigação**

Os critérios intra-investigação que Fensham (2004) identifica tocam na essência do campo de investigação e abordam a sua identidade em termos de conteúdo, no que diz respeito à ontologia e à epistemologia. Tratando-se de um campo de investigação interdisciplinar, esta análise é complexa, já se encontra em fase de transição entre a mera descrição de (supostamente) boas práticas de ensino e aprendizagem, muito influenciadas por abordagens positivistas importadas da tradição de investigação das ciências exatas, e um campo de investigação empírica em que as abordagens interpretativas assumem um papel cada vez mais relevante. Antes de abordar a epistemologia da EE, destaca-se brevemente a epistemologia do próprio campo de Engenharia, para ilustrar a multiplicidade do campo em discussão. Dias de Figueiredo,

em Adams *etal.*(2011), identifica a epistemologia de engenharia como resultante da agregação de quatro dimensões, numa relação transdisciplinar: 1) a dimensão das ciências exatas, dentro do qual a engenharia é vista como aplicação das ciências de base com lógica e rigor através de análise e experimentação; 2) a dimensão das ciências sociais, em que engenheiros não são só tecnólogos, mas também especialistas sociais, gerentes e empreendedores que reconhecem a complexidade social do mundo e do mercado em que agem e das equipas que integram; 3) a dimensão de design, que considera a engenharia como impulsionada por design e valoriza mais o pensamento sistémico do que o pensamento analítico; e 4) a dimensão profissional/artesanal, referente ao fazer na prática e ao produto do trabalho. A dimensão de design marca significativamente a epistemologia da engenharia, nas suas diferentes realidades: design como análise funcional, design como resolução de problemas, design como posicionamento do problema e design como aprendizagem emergente. Esta epistemologia da engenharia realça a multiplicidade da epistemologia da EE, que não se reconhece numa identificação somente ligada às ciências de base e suas aplicações.

As questões colocadas por Fensham (2004) relativamente à identidade do campo de IEE foram abordadas num *Special Report* do JEE (2006), em que os autores delinearam cinco áreas de investigação, começando pela epistemologia de EE. Esta área de investigação preocupa-se em identificar em que consiste o conhecimento específico em EE e caracteriza-se por quatro temas de indagação:

- 1) Quais os conhecimentos, capacidades, processos, valores e atitudes que caracterizam a EE como campo específico, e como mudam estes elementos ao longo do tempo?
- 2) Como é que elementos como inovação, pensamento crítico, biologia, matemática, física, ciências de engenharia, resolução de problemas, design, análise, e comunicação se relacionam entre si para caracterizar um núcleo da engenharia como profissão?
- 3) Qual é a fonte destes elementos, e como são formados? A engenharia é caracterizada pelas pessoas que serve, os problemas a que dá resposta, o conhecimento que utiliza para a resolução de problemas, os métodos de aplicação de conhecimento, ou pela sua relevância e impacto social?

- 4) Qual é a ligação entre o que se ensina aos alunos e a forma como eles exercem a sua prática profissional?

A segunda área definida no relatório referido diz respeito aos Mecanismos de Aprendizagem em engenharia e centra-se na forma como os conhecimentos, capacidades e atitudes dos alunos influenciam o que aprendem e de que forma aprendem. Neste domínio, os autores identificam três temas de indagação:

- 1) A aquisição, compreensão e sintetização de conhecimentos específicos necessários para atingir um determinado objetivo de aprendizagem.
- 2) A evolução demonstrada pelos alunos nos seus processos de aprendizagem em função da identidade profissional como engenheiro.
- 3) A variação entre alunos em termos de conhecimentos, capacidades e atitudes. O que impede, dificulta ou facilita a aprendizagem?

Outra área identitária da IEE identificada pelos mesmos autores é a dos Sistemas de Aprendizagem em engenharia. Está área dedica-se à cultura institucional, à sua infraestrutura e à epistemologia da docência em engenharia. Visa analisar elementos específicos dos processos de aprendizagem em engenharia sem se fundamentar unicamente na literatura relacionada com outras áreas, como a literatura dedicada à aprendizagem no ensino básico e secundário, ou à aprendizagem em ciências. As suas questões centrais são:

- 1) Que teorias pedagógicas podem fundamentar a comunidade de EE nas suas decisões quanto ao sistema educacional (currículo, unidades curriculares, estrutura organizacional, práticas pedagógicas)?
- 2) Como se pode caracterizar a cultura de ensino nas engenharias (interação social, conceitos sobre ensino e aprendizagem, etc.)
- 3) Que teorias sistémicas podem orientar a sustentabilidade e a melhoria contínua dos sistemas de EE nos diversos contextos? Esta questão também inclui a exploração da integração interdisciplinar entre a engenharia e áreas como as humanidades, as ciências sociais, ou as ciências naturais.
- 4) Os conceitos de “diversidade e inclusão” constituem o objeto da quarta área de IEE. As contribuições para as respostas aos desafios sociais e globais e a relevância da profissão são os temas desta área, centrando-se na relação entre engenharia e sociedade e na compreensão do papel da diversidade nos processos,

por exemplo, do trabalho em equipa, da criatividade, da inovação, do empreendedorismo e da liderança. Todos estes aspetos carecem de trabalho de investigação que sustente o desenvolvimento de uma comunidade diversificada de engenheiros e docentes em engenharia.

- 5) A última área de investigação traçada no relatório diz respeito à Avaliação em engenharia. Esta área foca-se no desenvolvimento de métodos de avaliação, instrumentos e métricas que permitam informar a comunidade de EE quanto à validade e ao impacto dos desenvolvimentos colocados no terreno. A avaliação, como aliás noutros domínios educativos, é um elemento chave na melhoria contínua de EE. Desenvolver métodos que permitam avaliar não só as aprendizagens dos alunos, mas também os sistemas e modelos implementados é primordial no estabelecimento e validade do campo de investigação.

Analisando os trabalhos de investigação em IEE em Portugal, os estudos na área de questões curriculares e pedagogia são dominantes. Que conhecimentos e capacidades devem fazer parte do currículo dos cursos de engenharia, que métodos pedagógicos utilizar e como desenvolver a avaliação das aprendizagens (Fernandes Teixeira et al., 2007; Leite et al., 2011) são as questões mais recorrentes. Questões relacionadas com a epistemologia, a inclusão, o género e a ética ainda não são estudadas de forma muito visível pelos investigadores em Portugal. Este aspeto poderá ser explicado pelo ainda reduzido número de investigadores, que trabalham de forma pouco articulada entre si. Com o desenvolvimento expectável deste campo de investigação em Portugal, espera-se que se constitua a massa crítica necessária para abordar também estas prementes questões de investigação. Neste aspeto, a colaboração de investigadores das Ciências Sociais e das Ciências da Educação constituiria uma mais-valia importante.

### **2.3 Critérios de resultado**

As implicações da investigação para a prática são o último tipo de critérios discutidos por Fensham (2004). É provável, segundo o autor, que os resultados de investigação num campo específico causem impacto na prática nesse campo, ou seja, que a IEE seja influenciada pelos seus resultados. Na definição do impacto da investigação na prática da EE dificilmente se distingue a influência da IEE como fator singular, já que é um campo interdisciplinar, em que diferentes áreas associadas ao ensino superior, como por

exemplo a psicologia da aprendizagem e a pedagogia também têm impacto. Por outro lado, uma vez que muitos dos estudos realizados na área podem ser caracterizados como *scholarlyteaching* (Borrego, 2007), uma estreita ligação entre a investigação e a prática é inerente ao campo. Estes estudos mais ligados à prática pedagógica e/ou curricular tem muitas vezes como objetivo implícito, para além do objetivo explícito da disseminação de resultados e a construção de teoria na área, a procura do apoio da comunidade profissional. Em relação à disseminação e implementação dos resultados da IEE, não encontramos nenhum estudo de alcance significativo, quer nacional, quer ao nível europeu. Talvez seja prematuro esperar que se evidenciem resultados de disseminação numa área que ainda está em fase de implantação no contexto português. Aliás, apesar do grande investimento feito nos EUA ao longo das últimas décadas, um amplo estudo publicado recentemente (Borrego *et al*, 2012) revelou um nível de adopção de abordagens pedagógicas inovadoras francamente abaixo das expectativas. Uma possível explicação para este fenómeno nos EUA (e que cremos também ser aplicável ao contexto nacional) prende-se com os resultados de outro estudo publicado em 2012 (Hazen *et al* 2012), que sugere que a implementação de novas abordagens pedagógicas é dependente de 9 fatores no total, sendo a qualidade e a vantagem relativa da própria inovação apenas o primeiro deles. Outros fatores incluem a existência de apoio por parte das direções das instituições, a facilidade de implementação, a complexidade e as questões logísticas associadas à implementação das iniciativas. Não se pode igualmente deixar de mencionar que os resultados de investigação sobre ABP no contexto da engenharia (por exemplo, na Universidade de Aalborg) têm, paulatinamente, vindo a encorajar instituições de formação em engenharia a implementar, nem que apenas parcialmente, modelos curriculares em que a ABP tem um papel importante. A Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda (Universidade de Aveiro) e o Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho constituem exemplos nacionais desse impacto.

### **3 O contexto Português**

Apesar de neste artigo o contexto português ter sempre vindo a ser mencionado nas várias dimensões discutidas, faz sentido olhar para alguns aspetos adicionais, no que diz respeito à IEE.

Um meta estudo que incluiu mais de 800 artigos de investigação empírica publicados entre 2005 e 2008 na área da IEE (Jesieketal., 2011) demonstrou que mais de 50% dos artigos provinham dos EUA e da Austrália, e que a contribuição portuguesa não ultrapassava 1%. Jesiek também notou que a colaboração internacional entre autores dos artigos analisados era baixa e as suas propostas preliminares no sentido de alterar este perfil não previam a inclusão de Portugal. Entre 2008 e 2011, o número de artigos em revistas como o EJEE, o JEE, o IJEE, o JPIEEP e o IEEE TEDquase não aumentou. Só se verifica um ligeiro aumento do número de artigos publicados no EJEE. Estes dados resultam de um breve levantamento do número de artigos com autores de afiliação portuguesa, publicados nas revistas atrás mencionadas, incluindo ainda o GJEE,e detalhados na Tabela 1. Este levantamento teve por fontes as bases de dados SCOPUS e EBESCO, que incluem as revistas de referência em EE.

Na sequência desta análise, e numa altura em que um relatório geral da ASEE, financiado pela *US NationalScience Foundation* (ASEE, 2009) apela à criação de uma ‘*Culture for ScholarlyandSystematicInnovationinEngineeringEducation*’ pensamos que estamos perante uma oportunidade para a academia portuguesa abraçar seriamente este domínio de conhecimento, sob pena de não acompanharmos o desenvolvimento internacional na área, com as consequências que isso implicaria para a qualidade e reconhecimento das formações portuguesas em engenharia.

	JEE	EJEE	IJEE	GJEE	IEEE TED	JPIEEP	Total
2000	0	0	0	0	0	0	0
2001	1	1	0	0	0	0	2
2002	0	0	1	0	2	0	3
2003	0	0	1	0	0	0	1
2004	0	5	1	0	1	0	7
2005	0	1	2	0	1	0	4
2006	0	2	2	0	0	0	4
2007	0	4	1	0	0	0	5
2008	0	0	2	0	0	1	3
2009	0	3	0	0	0	0	3
2010	0	0	1	0	0	0	1
2011	1	5	2	0	0	1	9
2012	0	3	2	1	1	0	7
<b>Total</b>	2	24	15	1	5	2	49

Tabela 1–Publicações com autores de afiliação portuguesa em 2000 -2012 (fontes: SCOPUS e EBESCO)

É de notar que a ASEE, já em 2007, assumia a IEE como área disciplinar, justificando esta classificação com base na visão da *NationalAcademyofEngineering* americana relativa ao perfil desejável do engenheiro em 2020 (NationalAcademyofEngineering, 2005). Na Austrália e no Reino Unido, a tendência é análoga e há um consenso abrangente acerca do facto de que, para enfrentar os desafios que os engenheiros irão encontrar no futuro, é essencial que se operem mudanças no ensino de engenharia que são transformacionais e não apenas incrementais. Neste sentido, os autores advogam a absoluta necessidade de, no contexto nacional do sistema de ensino de engenharia, se desenvolver uma abordagem baseada em investigação educacional sistemática, com um rigor e grau de exigência semelhante ao das disciplinas tradicionais de engenharia, mas com a diversidade epistemológica que caracteriza um campo interdisciplinar como o que neste artigo se discute. Douglas *etal.*(2010) alertam para a epistemologia parcial e a dominância paradigmática que pode dificultar a transição do campo para um paradigma mais interpretativo e defende uma discussão explícita das epistemologias e metodologias entre os investigadores.

No âmbito da cooperação internacional, curiosamente, há vários exemplos de participação continuada de investigadores portugueses em iniciativas, conferências e *workshops* dedicadas ao desenvolvimento da IEE, nomeadamente na Europa. É o caso dos 3 autores deste artigo que entre si podem enunciar colaborações com o *SEFI-WGREE*, a *NNER*, o *BSIGREE*, a *REEN* e a Line B da *EUGENE Academic Network*, em cujo âmbito teve recentemente lugar a *EuropeanSummitonResearchinEngineeringEducation*, em Leuven. Outros exemplos de cooperação internacional de investigadores portugueses nesta área poderão facilmente ser encontrados. Refere-se ainda a participação de investigadores portugueses na arbitragem científica de conferências internacionais e em revistas, como as já mencionadas *JEE* e *EJEE*.

Outro exemplo ainda é a colaboração entre investigadores da *Universityof Western Australia*, do Instituto Superior Técnico, e do Instituto Politécnico de Setúbal no projeto “*WhatEngineers Do*”, e que visa comparar dados empíricos acerca do trabalho no dia a dia de engenheiros em Portugal e na Austrália. O estudo envolve engenheiros de empresas nacionais como a PT, EDP, Ydreams, e Coda, e internacionais como a Synopsys, Logica, e a Ford.

Outro aspeto relevante para o desenvolvimento da IEE prende-se com a sua articulação com as Ciências da Educação (CE), já anteriormente afluída neste artigo. O contributo das CE na discussão sobre a epistemologia é crucial para o desenvolvimento do campo de IEE. Mas até agora, quer internacionalmente, quer em Portugal, o interesse dos investigadores em CE pela IEE é reduzido. As razões para esta adesão limitada podem ser várias, destacando-se em primeiro lugar o pressuposto (quase preconceito) de uma caracterização unicamente pós-positivista do campo, que deixa pouco espaço para uma investigação crítica. A contrariar este pressuposto, salienta-se o trabalho de Baillie (2009), que incide de forma crítica sobre questões de justiça social, cidadania, ética, género e ambiente, e o papel que a engenharia e a ciência tiveram e deveriam ter nestes domínios. Este tipo de trabalhos, a que podemos acrescentar os de Beddoes & Borrego (2011), Jonassen & Young (2011) e Zandvoort (2008) são, por enquanto, exceções na IEE. Torna-se assim ainda mais relevante um envolvimento maior de investigadores das CE, que podem e devem contribuir para a definição deste campo emergente e colocar na ordem do dia, para o campo de IEE, as mesmas questões que se colocam noutras áreas de ensino e aprendizagem. As questões de Aoki, por exemplo, quanto à avaliação curricular são muito relevantes na formação de engenheiros. Passamos a enunciar-las (Aoki, 1991, p.75):

- 1) Quais as visões subjacentes a um dado currículo?
- 2) Quais as visões implícitas do planificador curricular sobre professores e alunos?
- 3) Ao nível da sua raiz, o currículo está a servir o interesse de quem?
- 4) Quais as metáforas que guiam o planificador, o implementador e o avaliador do currículo?
- 5) Quais os preconceitos básicos das editoras e dos autores de materiais/bibliografia recomendados?
- 6) Qual a visão do mundo que transparece do currículo?

Nas áreas da pedagogia, políticas educativas e filosofia, entre outras, verifica-se uma idêntica ausência de investigadores no campo de IEE. Estas tendências devem, na opinião dos autores, ser objeto de reflexão com o intuito de estabelecer pontes sólidas entre aquelas áreas de investigação e o campo de IEE, já que, por força da sua natureza, estão inevitavelmente interligadas.



#### 4 Notas finais

No contexto descrito, e pressupondo que Portugal deve acompanhar a tendência mundial de desenvolvimento deste domínio de investigação, é essencial uma estratégia de cooperação nacional e internacional que crie a massa crítica necessária para desenvolver projetos ambiciosos, estruturados e cujos resultados possam ser significativos. No âmbito nacional, é fundamental que os poucos investigadores que têm vindo a desenvolver trabalho de forma isolada e esporádica, procurem estabelecer redes de cooperação para que os seus projetos ganhem a dimensão e o reconhecimento suficientes para granjear financiamento e se tornem apelativos para investigadores de áreas como as CE e as Ciências Sociais. A cooperação destes investigadores, tal como já foi debatido, pode ser um elemento extremamente valioso neste campo de investigação, eminentemente transdisciplinar. Ainda a este respeito, cremos que, como Aditya Johri da *VirginiaTech* e Barbara Olds da *US National Science Foundation* salientam num recente artigo de opinião (Johri & Olds, 2011), existe um potencial significativo para a IEE tirar proveito do conhecimento já desenvolvido pela comunidade das ciências de aprendizagem. É de notar que as faculdades de engenharia das universidades de Purdue e VirginiaTech já contam nos seus quadros com especialistas nessa área. Acreditamos que um trabalho conjunto, em Portugal, entre investigadores das várias áreas poderia permitir um processo de aprendizagem com benefícios mútuos.

É ainda imperioso aproveitarmos embriões de parcerias internacionais, algumas já mencionadas, capitalizando as oportunidades para a participação em projetos com dimensão considerável, e acompanhando a tendência internacional de desenvolvimento deste campo de investigação. Coordenar esforços de cooperação nacional com as parcerias internacionais assume-se assim, na opinião dos autores, como uma prioridade para que Portugal não “perca o barco” neste domínio de investigação que pode ser estratégico para o desenvolvimento da formação em engenharia, por sua vez essencial na resposta que as sociedades modernas poderão dar aos desafios de evolução tecnológica que se lhes colocam. Para isso será preciso reconhecer o campo de IEE, não como campo relacionado com a legitimação da globalização, centrado principalmente no crescimento económico, ou de progresso meramente tecnológico, mas como campo que se preocupa também com a transformação social e individual sem limitar a tecnologia a uma interpretação da alienação ou do instrumentalismo (Verbeek, 2006).

Reconhecer o papel do engenheiro na sociedade como *mediador do ambiente material* (Verbeek, 2006) e assim reconhecer que a formação dos engenheiros deve ser alvo de investigação e reflexão pode contribuir para uma maturação do campo de IEE em Portugal.

## Bibliografia

- Adams, R., Evangelou, D. English, L., Dias de Figueiredo, A., Mousoulides, N., Pawley, A.L., Schifellite, C., Stevens, R., Svinicki, M., Trenor, J.M., & Wilson, D.M. (2011). Multiple Perspectives on Engaging Future Engineers. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 48-88.
- Aoki, T. (1991). Interests, knowledge, and evaluation: Alternative approaches to curriculum evaluation. In D. Hlynka & J. Belland (Eds.), *Paradigms regained* (pp. 23-35). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publication.
- Baillie (2009). *Engineering and society: working towards social justice. Part I: engineering and society*. San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers
- Beddoes, K., & Borrego, M. (2011). Feminist theory in three engineering education journals: 1995-2008. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 281-303.
- Borrego, M. (2007). Development of engineering education as a rigorous discipline: a study of the patterns of four coalitions. *Journal of Engineering Education*, 96(1), 5-18.
- Borrego, M., Froyd, J. E., & Hall, T. S., (2010). Diffusion of Engineering Education Innovations: A Survey of Awareness and Adoption Rates in U.S. Engineering Departments. *Journal of Engineering Education*, 99 (3), 185-207.
- Borrego, M., & Olds, B. (2011). Analysis of trends in United States National Science Foundation funding of engineering education: 1990-2010. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium* (pp. 168-175). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Douglas, E.P., Koro-Ljungberg, M., & Borrego, M. Challenges and promises of overcoming epistemological and methodological partiality: Advancing engineering education through acceptance of diverse ways of knowing. *European Journal of Engineering Education*, 35(3), 247-257.
- Duderstadt, J. (2008). *Engineering for a changing world: a roadmap to the future of engineering practice, research and education*. Ann Arbor: The University of Michigan.
- Fensham, P.J. (2004). *Defining an identity: the evolution of science education as a field of research*. New York: Springer Publishing Company.
- Fernandes Teixeira, J. C., Ferreira da Silva, J., Flores, P. (2007). Development of mechanical engineering curricula at the University of Minho. *European Journal of Engineering Education*, 32(5), 539-549.
- Fernandes, S. (2010). *Aprendizagem baseada em projectos no contexto do Ensino Superior: avaliação de um dispositivo pedagógico no Ensino de Engenharia*. Tese de doutoramento. Braga: Universidade do Minho.
- Haghighi, K. (2005). Quiet no longer: birth of a new discipline. *Journal of Engineering Education*, 94 (4), 351-353.
- Hazen, B.T., Yun, W., & Sankar, C.S. (2012). Factors that influence dissemination in Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, 55(3), 384-393.
- Jesiek, B.K., Borrego, M., Beddoes, K., Hurtado, M., Rajendran, P., & Sangam, D. (2011). Mapping Global Trends in Engineering Education Research, 2005–2008. *International Journal of Engineering Education*, 27(1), 77–90.

- Jesiek, B., Borrego, M., & Beddoes, K. (2010). Advancing global capacity for engineering education research: relating research to practice, policy and industry. *European Journal of Engineering Education*, 35(2), 117-134.
- Johri, A., & Olds, B. (2011). Situated Engineering Learning: Bridging Engineering Education Research and the Learning Sciences. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 151-185.
- Jonassen, D.H., Young, H.C. (2011). Fostering argumentation while solving engineering ethics problems. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 680-702.
- Leite, C., Mouraz, A., Trindade, R., Martins Ferreira, J.M., Faustino, A., Villate, J.E. (2011). A place for arguing in engineering education: a study on students' assessments. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 607-616.
- National Academy of Engineering. (2005). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*. Washington D.C.: The National Academies Press.
- National Research Council (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oliveira, J.M. & Estima de Oliveira, J.P. (2010). Important Problem Features for the Promotion of Conceptual Understanding in Introductory Electronics. *Proceedings of the Joint International IGIP-SEFI Annual Conference 2010*. Trnava.
- Radcliffe, D. (2006). Guest editorial: shaping the discipline of engineering education. *Journal of Engineering Education*, 95 (4), 263-264.
- Special report. The research agenda for the new discipline of engineering education. (2006). *Journal of Engineering Education*, 95(4), 259-261.
- van Hattum-Janssen, N. (2004). *A study of the influence of assessment on quality of student learning in engineering education*. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho.
- Verbeek, P.P. (2006). Tecnópolis: a vida pública dos artefactos tecnológicos. *Análise Social*, XLI(181), 1105-1125.
- Williams, B., & Figueiredo, J. (2011). Engineering practice – an empirical study. *Proceedings of the SEFI Annual Conference*. Lisbon.
- Zandvoort, H. (2008). Preparing engineers for social responsibility. *European Journal of Engineering Education*, 33(2), 133-140.